

УДК 004.032.26

М.В. Наконечний, студент гр. ПК-71
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ МАТЕРІАЛІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЮ

Анотація. У роботі представлено тепловий метод визначення типу матеріалу об'єкту. Розглянуто систему, яка здатна класифікувати об'єкти з різних матеріалів в режимі реального часу, використовуючи лазерну термографію та класифікатор на базі машинного навчання. Результати дослідження демонструють можливість отримання високої точності автоматизованого визначення типу матеріалу, навіть коли набір даних складається з температурних профілів, отриманих за різних умов контролю.

Ключові слова: класифікація матеріалів, тепловий контроль, машинне навчання, нейронні мережі.

ВСТУП

Робототехнічні системи, які можуть виконувати телеопераційні роботи у відповідальних та складних сферах (наприклад, охорона здоров'я, автомобілебудування, безпека тощо), в основному покладаються на візуальний та / або слуховий зворотний зв'язок для взаємодії з віддаленим оператором. При виконанні точних завдань із проведення маніпуляцій на відстані існує гостра потреба у вимірюванні фізичних властивостей навколишнього середовища, задля поліпшення якості виконання цих завдань. Проблема, з якою зустрічається цей підхід, полягає в тому, що поверхні різних матеріалів можуть мати дуже схожі фактури і навпаки, певний вид матеріалу може мати різну поверхню завдяки різним способам виготовлення та обробки. В даній роботі розглянуто перспективний підхід, що використовує поєднання теплового неруйнівного контролю з машинним навчанням для реалізації швидкого та точного способу класифікації виробів, виготовлених з різного матеріалу. Використання такого методу дозволить автоматизовано проводити класифікацію широкого діапазону найрізноманітніших матеріалів.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Найпоширенішим методом класифікації матеріалів на основі аудіовізуальних сигналів є використання спектроскопії, яка вивчає взаємодію світла з молекулами зразків. Однак, спектроскопічні вимірювання вимагають ретельної та трудомісткої підготовки зразків і можуть бути вкрай чутливими до змін умов освітлення у навколишньому середовищі, що робить неможливим швидке та мобільне налаштування спектроскопічних приладів. З постійно зростаючою швидкістю збору аудіовізуальних даних та можливостями їх зберігання, все більш ефективними в задачах оцінки властивостей матеріалів стають методи машинного навчання.

Авторами роботи [1] розроблено метод визначення коефіцієнту тертя поверхні в різноманітних середовищах для підвищення продуктивності двох робота в задачах планування руху. В роботі запропоновано оцінювати тертя поверхні на основі візуальних входних даних з камери, виконуючи класифікацію матеріалу поверхні у кожному пікселі зображення та прогножуючи розподіли ймовірності значень коефіцієнту тертя для кожного матеріалу. Класифікація матеріалів виконувалась за допомогою згорткових нейронних

мереж. Незважаючи на те, що сучасні камери дозволяють отримати високоякісну та детальну інформацію для розпізнавання матеріалів з їх поверхнями, метод візуального визначення матеріалу має ряд обмежень, які в основному пов'язані з різноманітністю зовнішнього вигляду кожного з матеріалів (наприклад, пластикова стінка може виглядати так, як і дерев'яна).

Вагому інформацію про властивості матеріалу надає безпосередній фізичний контакт між вимірювальним приладом та досліджуваним об'єктом. Для розпізнавання матеріалів на основі такого підходу використовуються декілька діагностичних ознак об'єкта, які отримуються під час контакту з об'єктом. Це можуть бути вібрації, контактні сили та теплові взаємодії. В роботі [2] запропоновано метод гаптичного дослідження для розпізнавання матеріалу поверхні об'єкта за допомогою спеціально розробленого пальця. На основі динамічного моделювання ковзного контакту, значень коефіцієнтів тертя та нормальної сили, швидкості ковзання та вібрації, отриманих в результаті контакту, здійснюється ідентифікація властивостей поверхні, включаючи статичні та кінетичні параметри тертя, в'язкість та текстуру.

Фізичний контакт з об'єктом контролю дозволяє досягти високої точності у визначенні типів матеріалів, проте дорога вартість та складність конструкції ускладнює використання даного методу та створення ефективного мобільного приладу. Тому перспективним є застосування методів класифікації матеріалів, які не потребують фізичного контакту з об'єктом та є простими в реалізації. Одним із таких методів є активний тепловий неруйнівний контроль [3]. Схема реалізації даного підходу показана на рис. 1. Програмний контролер дає команду контролеру спалаху сформувати лазерний промінь з необхідною тривалістю та часовою формою сигналу. Лазерне джерело нагріває у свою чергу перетворює електричний сигнал у світловий. Сформований світловий сигнал спрямовується в точку вибірки за допомогою виконавчого механізму. Виконавчий механізм керується програмним контролером, щоб переконатися, що об'єкт дійсно сканується. Тепловізор реєструє кілька зображень із заданим часовим проміжком між ними – записується послідовність термограм. Класифікація виконується на основі аналізу теплових профілів в нагрітій лазером точці. Для кожного типу матеріалу ці профілі будуть відрізнятися.

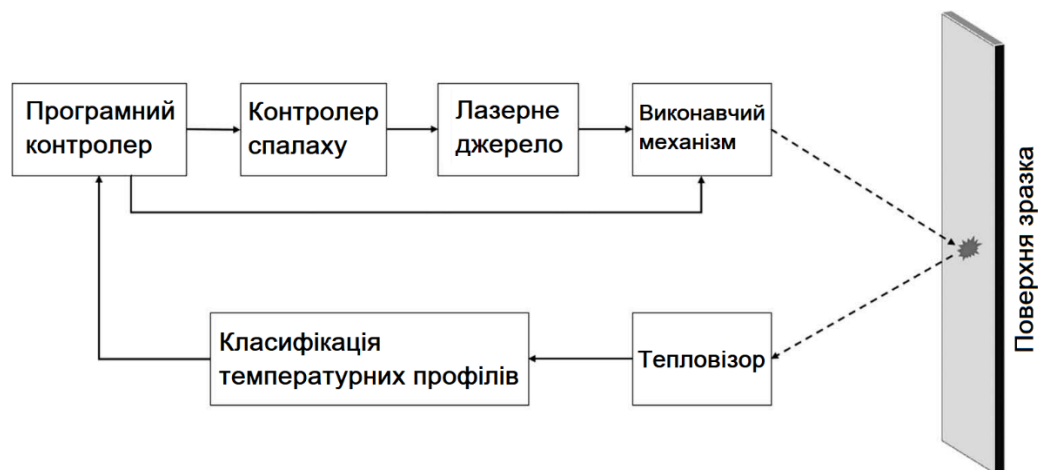


Рис.1. Схема реалізації теплового методу визначення типу матеріалу

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Впорядкована за часом послідовність термограм формує набір необроблених даних, на основі якого виділяються необхідні температурні профілі та подаються на вхід до програмної підсистеми визначення матеріалу. Вихідними даними такої підсистеми є мітки класу об'єкту, тобто його класифікація за конкретними типами матеріалів. Проте температурні профілі різних матеріалів можуть бути схожими або перетинатися в певних областях, тому використання класичних алгоритмів класифікації суттєво зменшує достовірність контролю. У зв'язку з цим, для автоматичної класифікації температурних профілів варто використовувати методи машинного навчання. Найбільш перспективним засобом є нейромережеві технології, які широко використовуються в інтелектуальному аналізі даних. Мета полягає в тому, щоб створити модель, яка прогнозує значення цільової змінної (мітки класу об'єкту) на основі множини змінних на вході (температурних профілів) [4].

Головними перевагами нейронних мереж (НМ) над традиційними алгоритмами вважають наявність системи навчання та швидкодію, за рахунок чого нейронні мережі здатні адаптуватися до різних змін. Тому, незалежно від обсягу даних, результат отримується набагато швидше, ніж в класичних методах. Також можна зазначити універсальність нейромереж, простоту їх застосування, завадостійкість, ефективність роботи в умовах нелінійності, здатність автоматично виділяти діагностичні ознаки в процесі навчання.

Для класифікації температурних профілів найбільш оптимальним типом нейронних мереж є мережі прямого розповсюдження зі зворотним поширенням помилки. Такі мережі передбачають поширення сигналу тільки в одному напрямку: від входу до виходу. В архітектурі НМ прямого поширення відсутні петлі зворотного зв'язку, тобто вихідні значення будь-якого прошарку не впливають на цей прошарок. Даний тип мереж зазвичай застосовується для розпізнавання образів і класифікації сигналів [5].

Властивість, яку детектує той чи інший штучний нейрон, визначається значеннями його синаптичних ваг. Під час навчання, спочатку мережа ініціалізується випадковими вагами. На вхід подається навчальний приклад температурного профілю та обчислюється вихідний стан мережі. Формується функція помилки, тобто різницю між тим класом матеріалу, який має бути на виході мережі та фактично отриманим значенням. Далі ваги коректуються так, щоб зменшити цю помилку. Навчена НМ отримує здатність ефективно працювати із вхідними даними, яких вона не бачила під час навчання.

Отже, враховуючи наведені переваги, існує можливість автоматизовано провести достовірну класифікацію температурних профілів, навіть якщо вони отримані за різних умов контролю, містять шуми чи є неповними. Вхідними даними для підсистеми класифікації матеріалів на базі НМ будуть слугувати температурні профілі, а на виході мережа формуватиме мітки відповідних їм класів. Кількість прихованих прошарків та нейронів у них обирається експериментальним шляхом під час навчання, і залежить від складності поставленої задачі (кількості класів матеріалів, наявності шумів тощо). Ще одним недоліком може бути необхідність в об'ємній базі навчальних даних [6].

ВИСНОВКИ

Враховуючи недоліки існуючих на сьогоднішній день методів визначення типу матеріалу, доцільним є застосування технологій теплового контролю. Тепловий метод дозволяє спростити процес діагностики, зменшити часові витрати на її проведення та підвищити загальну ефективність вимірювань. Оскільки патерн охолодження матеріалу формує унікальний температурний профіль, характерний тільки для певного типу матеріалу, він може слугувати надійним показником для класифікації. Завдяки ряду переваг, для автоматизації класифікації теплових профілів пропонується використовувати нейронні мережі. Застосування нейромережевих технологій дозволить автоматизувати процес класифікації матеріалів та підвищити його ефективність у порівнянні з традиційними алгоритмами. Запропонований метод може бути використаний в складі робототехнічних систем для вирішення задач визначення типу матеріалів в різноманітних галузях промисловості. Актуальним завданням на даному етапі є пошук архітектури та підбір параметрів мережі, за яких буде досягатись найвища достовірність класифікації матеріалу за різних умов контролю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Brandao M. Material recognition CNNs and hierarchical planning for biped robot locomotion on slippery terrain / M. Brandao, Y. Shiguematsu, K. Hashimoto // Cancun. – 2016. – С. 81-88.
- [2] Liu H. Surface material recognition through haptic exploration using an intelligent contact sensing finger / H. Liu, X. Song, J. Bimbo // Vilamoura. – 2012. – С. 52–57.
- [3] Галаган Р.М. Застосування нейромережевих технологій для вирішення обернених задач неруйнівного контролю / Р. М. Галаган, А. С. Момот // XVI Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи», 16-17 травня 2017 р., м. Київ, Україна : збірник тез доповідей. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – С. 144.
- [4] Aujeszky T. Thermography-based material classification using machine learning / T. Aujeszky, G. Korres, M. Eid // IEEE International Symposium on Haptic Audio-Visual Environments and Games – Abu Dhabi. – 2017. – С. 1-6.
- [5] Momot, A. Defect classification in active thermal testing with the use of neural networks / A. Momot // Матеріали III науково-технічної конференції «Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі» з міжнародною участю – NDT – UA 2019, 17-19 вересня 2019 року, м. Київ, Україна. – Київ : УТ НКТД, 2019. – С. 16-18
- [6] Головинов А.О. Преимущества нейронных сетей перед традиционными алгоритмами / А.О. Головинов, Е.Н. Климова // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: сб. ст. по матер. V междунар. научно-практической конференции.— № 5(5). – Новосибирск: СибАК, 2017. – С. 11-15.

Наук. керівник – ас. Момот А.С.